

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

В роботі теоретично розглянутий вплив попереднього пластичного деформування на перебіг високошвидкісної механічної обробки, проведені експериментальні дослідження підтвердили адекватність розробленої математичної моделі.

В работе теоретически рассмотрено влияние предварительного пластического деформирования на протекания высокоскоростной механической обработки, проведенные экспериментальные исследования подтвердили адекватность разработанной математической модели.

In this article: Influence preliminary plastic deformation on courses of the high-speed machining is considered, the spent experimental researches have confirmed adequacy of the developed mathematical model.

Актуальність проблеми. На сьогоднішній день найбільших успіхів в області високошвидкісної і високопродуктивної обробки переважна більшість фірм домоглося в області фрезерування і свердління. Дуже часто високошвидкісне різання ототожнюється з фрезеруванням або свердлінням при великих швидкостях обертання шпинделя. Це не завжди правильно, тому що при фрезеруванні частота обертання шпинделя визначається швидкістю різання (яка, у свою чергу, залежить від сполучення інструментального й оброблюваного матеріалу) і діаметром фрези. Чим більше діаметр, тим менше частота обертання при тій же швидкості різання і навпаки. Отже, інструмент великого діаметра, що обертається на малій швидкості, досягає такої ж швидкості різання, що і фреза малого діаметра на великій частоті обертання. Саме швидкість різання визначає, чи є фрезерування високошвидкісним. Немає чітких швидкісних границь, вище яких просте фрезерування стає високошвидкісним. Як і усе, що відноситься до руху, поняття «висока швидкість» є відносним. Високошвидкісне фрезерування дає ряд істотних технічних переваг у порівнянні з традиційним. У першу чергу, істотно збільшується питоме знімання матеріалу в одиницю часу і, отже, продуктивність і ефективність фрезерування. Високошвидкісній обробці властиве значне зменшення термосилових процесів в зоні різання, що особливо важливо при обробці не жорстко закріплених і тонкостінних деталей. При високошвидкісному фрезеруванні тепло швидко відводиться стружкой із зони різання, знижуючи інтенсивність зношування різального інструмента нагрів і деформацію деталі. Але існує паралельна виробнича проблема, яка притаманна сучасним машинобудівним підприємствам – застаріле обладнання, відносно низька потужність верстатів. Таким чином,

вирішення важливої виробничої проблеми: підвищення ефективності технології механічної обробки без застосування вагомих капіталовкладень є актуальною науково – технічною задачею.

Аналіз публікацій. За даними автора Маркелова П.А. [1] механічна обробка деталей на металорізальних верстатах є одним з найбільш трудомістких процесів у технології виготовлення машин.

Тому питанням підвищення ефективності механічної обробки слід приділяти винятково велика увага.

Такі вчені як Кузнецов В.Д., Кривоухов В. Л., Каширин Л. И., Ларін М.Н., Грудов П. П. і інші вперше у світовій практиці зробили найважливіші наукові дослідження в області швидкісних методів обробки металів різанням.

Крім того, сьогодні питаннями реалізації високошвидкісних методів обробки займаються провідні вчені Внуков Ю.М., Залога В.О., Криворучко Д.В., Ємельяненко С.С., Кирюшін Д.Є., Виговський Г.М. та інші [1-9].

Швидкісні методи обробки металів різанням у нашій країні застосовуються в самих широких масштабах і є невід'ємною частиною існуючих на заводах технологічних процесів механічної обробки деталей.

Однак поява нових металокерамічних і мінералокерамічних інструментальних матеріалів з більш високими властивостями, що різуть, а також нових конструкції різальних інструментів і особливо фрез пред'являє всі зростаючі вимоги до твердості, вібростійкості і потужності металорізальних верстатів.

Поряд зі створенням нових високопродуктивних конструкцій металорізальних верстатів на заводах проведені і продовжують вестися великі роботи з модернізації існуючого парку верстатів.

Іншим важливим засобом підвищення продуктивності праці є створення найбільш зроблених конструкцій пристосувань і допоміжного оснащення.

На передових машинобудівних заводах замість звичайних верстатних пристосувань з ручним затиском знаходять широке поширення одиночні і групові гідравлічні і пневматичні пристосування для кріплення деталей на верстатах, гідравлічні і пневматичні платформи (піднімальні столи) для підйому при установці па верстат і опускання при зніманні з верстата важких деталей і т.п. Значно поліпшується і конструкція допоміжних інструментів.

Усе це дозволяє в десятки разів скорочувати допоміжний час при механічній обробці деталей і тим самим ще вище піднімати ефективність швидкісного різання металів.

Однак ще не на всіх машинобудівних заводах приділяють належну увагу застосуванню швидкодіючих гідравлічних і пневматичних пристосувань. Маються ще заводи, де допоміжний час у нормі штучного часу займає неприпустимо велику питому вагу.

Пристосування для кріплення деталей при швидкісному різанні металів повинні бути універсальними, багатомісними, мати достатню твердість, вібростійкість і швидкодіючі затиски.

Досить істотним заходом для поліпшення всіх якісних показників при різанні металів є створення високопродуктивних конструкцій інструмента.

Разом з тим, потенціал наукових досягнень всесвітньо відомих вчених Новікова М.В., Мельничука П.П., Розенберга О.О., Клименка С.А., [8] та інших в області технологічного забезпечення якості обробки поверхонь залізовуглецевих сплавів інструментом, оснащеним мінералокерамічними та надтвердими матеріалами, свідчить про пошук шляхів підвищення ефективності механічної обробки та прогресивних конструкцій інструментів для їх реалізації, а також про відхід від дискретних методів обробки і сполучення в одній операції різання та поверхневого пластичного деформування.

Мета досліджень. У зв'язку із збільшеною увагою до пошуку нових методів підвищення ефективності механічної обробки дослідити вплив технології різання з попереднім пластичним деформуванням на ефективність механічної обробки.

Виклад основної частини. В якості основного критерію оптимізації високошвидкісного різання оберемо знос різального інструмента, як показника ефективності механічної обробки. Особливо актуально розглядати оцінку зносу різального інструмента при умові використання прогресивних надтвердих матеріалів.

В якості оцінки зносу різального інструмента був прийнятий параметр інтенсивності накопичення залишкових напружень, який розраховується по залежності:

$$I = \frac{h_3}{\Delta t_p} = \left(\frac{K_i}{\Delta t_p} \right)^m \cdot K_M \cdot L \cdot S, \quad (1)$$

де I - інтенсивність накопичення залишкових напружень, м/хв; h_3 - знос різального інструмента по задній поверхні; K_i - коефіцієнт опору інструментального матеріалу; m - показник степені, який характеризує накопичення пошкоджень і є функцією процесу різання $m = f(V, S, t, P)$; L - довжина оброблюваної поверхні; S - подача інструмента; K_M - коефіцієнт, який відображає властивості оброблюваного матеріалу та розраховується по залежності:

$$K_M = \frac{\sigma_m}{\sigma_M}, \quad (2)$$

де σ_m, σ_M - відповідно межа текучості та міцності оброблюваного матеріалу.

Після попереднього пластичного деформування, як було розглянуто раніше [6], вдається збільшити межу міцності оброблюваного матеріалу на величину:

$$\sigma_m = 3 \cdot HB = \frac{3 \cdot \sum_1^{m_d} R_{di}}{0,013 \cdot R_d^2}, \quad (3)$$

де HB - твердість поверхневого шару після попереднього пластичного деформування; $\sum_1^{m_d} R_{di}$ - сумарне значення діючих сили попереднього пластичного деформування в залежності від кількості деформівних елементів m_d ; R_d - радіус деформівного елемента. Отже, з врахуванням залежностей (2-3) математична модель (1) може бути представлена у вигляді:

$$I = \frac{h_s}{\Delta t_p} = \left(\frac{K_i}{\Delta t_p} \right)^m \cdot \frac{\sigma_m}{0,039 \cdot R_d^2 \cdot \sum_1^{m_d} R_{di}} \cdot L \cdot S, \quad (4)$$

Таким чином, отримана феноменологічна модель інтенсивності накопичення залишкових напружень різального інструмента при реалізації технології різання з попереднім пластичним деформуванням. Математична модель (1-4) адекватна для розгляду технологічної операції точіння, розточування, фрезерування.

З математичної моделі (4) видно, що збільшення сили попереднього пластичного деформування призводить до зменшення інтенсивності накопичення залишкових напружень. Це дає підставити висунути гіпотезу про допустимість додаткового збільшення швидкості різання без втрати працездатності різального інструменту.

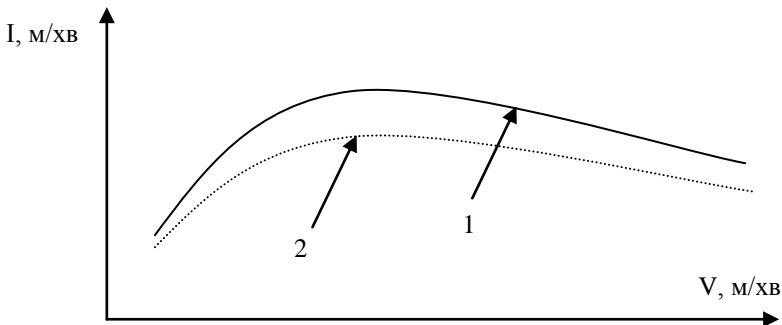


Рисунок 1 – Вплив технології різання з попереднім пластичним деформуванням на перебіг високошвидкісної механічної обробки (1 – високошвидкісне фрезерування; 2 – високошвидкісне різання з попереднім пластичним деформуванням)

Для підтвердження висунутої вище гіпотези, на підставі сформованої математичної моделі (1-4), були проведені виробничі дослідження по формуванню осьових вібрацій та сил різання комбінованого інструмента. Виробничі дослідження проводились на верстаті 6Д82ШФ20, згідно схеми представленої нижче.

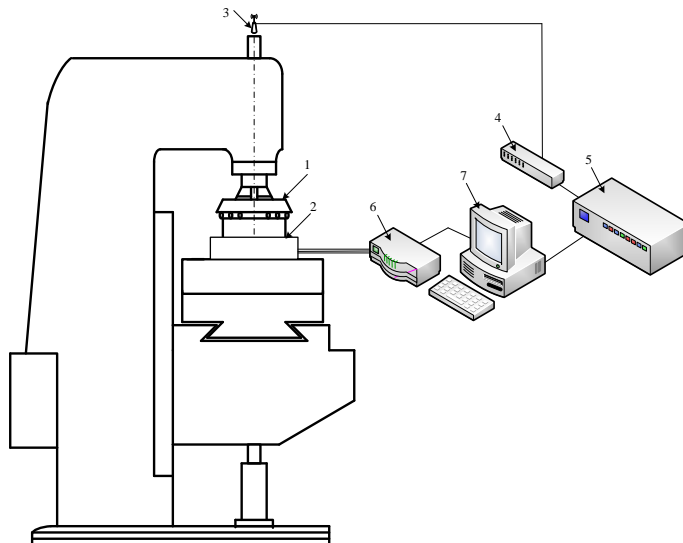


Рисунок 2 – Схема експериментальної установки по одночасному контролю сил різання та осьових вібрацій (1 – комбінована торцева фреза; 2 – деталь; 3 – п'єзоакселерометр ДН – 13; 4 – підсилювач заряду; 5 - крейт LTC; 6 - аналого-цифровий перетворювач (АЦП) "Крейт"; 7 – електронно-обчислювальна машина)

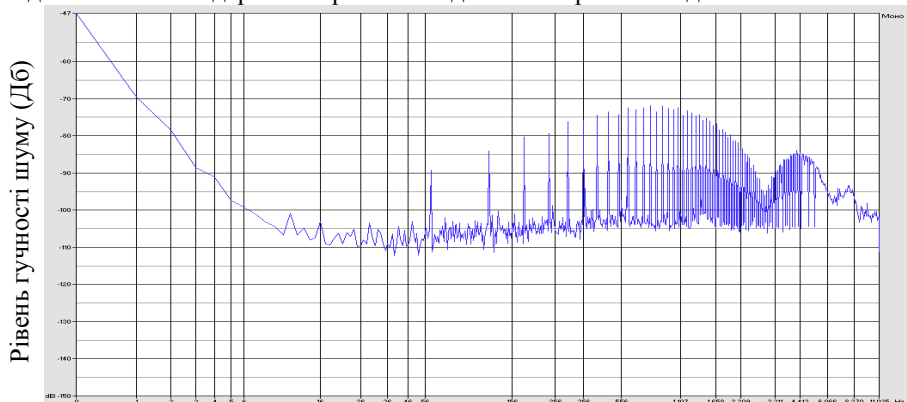
Для проведення експериментальних досліджень по визначенню сил різання використаний відомий по роботі [6] динамометр. Динамометр підключений до апаратного комплексу, який включає: АЦП "Крейт", систему управління сигналами; операційну плату сумісну з АЦП серії L-1250; ПЕОМ.

Для вимірювання осьових вібрацій шпинделя використовується стандартний п'єзоакселерометр, ДН – 13 який встановлюється на шпиндель верстату, так як показано на рис. 1. Стандартний п'єзоакселерометр, ДН – 13 під'єднується до підсилювача заряду, який підключений до крейта LTC, що з'єднаний з ПЕОМ через операційну плату сумісну з АЦП серії L-1250.

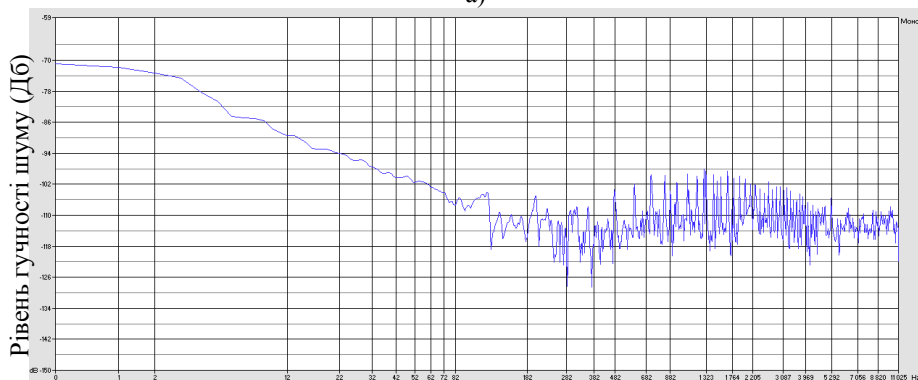
Принцип роботи фрезерного динамометра детально розглянутий в роботі [6] і заключається в наступному: під час фрезерування періодичні складові сили різання пружно деформують стійки динамометра, в якому встановлена заготовка. На стійках динамометра наклеєні фольговані тензодатчики. Під дією деформації змінюється їх опір. Тензодатчики підключені за мостовою схемою, що дозволяє використовувати їх на максимальну чутливість. Три тензомости

розташовані таким чином, що кожен з них змінює розбаланс по напрямленню дії сил – осям X, Y, Z . Значення розбалансу кожного із мостів збільшується за рахунок використання операційного підсилювача. Сигнали з операційних підсилювачів оцифровуються через АЦП крейтової системи обробки сигналів і у цифровому вигляді оброблюються пакетом ПОС. Отримані значення відображаються на екрані монітора ПЕОМ у вигляді графіків.

Тарування фрезерного динамометра проводили через навантаження стійки динамометра в трьох взаємно перпендикулярних напрямках за допомогою стандартного зразкового динамометра силою до 1000 Н.



а)



б)

Рисунок 3 – Спектри вертикальних осевих вібрацій шпинделя верстата 6Д82ШФ20 при обробці сталі 40Х (а – високошвидкісне торцеве фрезерування; б – торцеве фрезерування з попереднім пластичним деформуванням) ($V=680$ м/хв, $P=2000$ Н, $S=0,1$ мм/об, $t=0,1$ мм, $B=40$ мм, $e=0$ мм)

Висновки. Розроблена в роботі математична модель дала можливість отримати теоретичне підтвердження факту підвищення ефективності

високошвидкісної механічної обробки по критерію мінімізації зношування різального інструмента. Разом з тим, відомо, що технологія різання з попереднім пластичним деформування дає можливість знизити рівень активності термосилових процесів в зоні різання. З врахуванням такого факту можливо припустити що комбінування такої технології і високошвидкісної механічної обробки дозволить суттєво підвищити ефективність високошвидкісної обробки та забезпечити необхідні якісні показники поверхневого шару. Для подальшої теоретичної оцінки інтенсивності зносу мінералокераміки та надтвердих матеріалів в процесі високошвидкісного комбінованого торцевого фрезерування слід використати теорію удару. Проведені експериментальні дослідження підтвердили зниження амплітуди осевих вібрацій шпинделя в середньому на 72...78% в умовах високошвидкісної механічної обробки при реалізації комбінованого торцевого фрезерування, що свідчить про адекватність висунутої теоретичної гіпотези. В подальших дослідженнях слід провести теоретико-експериментальний аналіз сукупного впливу режимів попереднього пластичного деформування, різання на вібрації технологічної системи при реалізації високошвидкісної механічної обробки. А також визначити шляхи зменшення піддатливості рухомих елементів прогресивних комбінованих інструментів, висунуті гіпотези перевірити теоретично та експериментально.

Список використаних джерел: 1. *Вигovsky Г.М., Громовий О.А.* Дослідження особливостей зношування різального інструменту при високошвидкісній обробці//Процеси механічної обробки в машинобудуванні,2009.-Випуск 7 .-С.38. 2. *Вигovsky Г.М., Громовий О.А.* Особливості процесів стружкоутворення при високошвидкісній обробці//Вісник Житомирського державного технологічного університету,2009.-№3 (50) .-С.6. 3. *Вигovsky Г.М., Громовий О.А., Білявський М.Л.* Розширення області використання торцевих фрез, оснащених НТМ. // Процеси механічної обробки в машинобудуванні. – Ж.: ЖДТУ., 2007. – Вип. 2. 4. *Г.М. Вигovsky, О.А. Громовий, М.Л. Білявський.* Гіроскопічний ефект при високошвидкісному торцевому фрезеруванні // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2004. – № 4 (31). – Том 1. – С. 24 – 28. 5. *П.П. Мельничук, Г.М. Вигovsky, О.А. Громовий, М.Л. Білявський.* Високошвидкісне торцеве фрезерування. Гіроскопічний ефект // Матеріали ІІ Україно – Польської конференції, м. Краків, – 2005. 6. *Білявський М.Л.* Технологічне забезпечення якості обробки сталевих деталей комбінованим торцевим фрезеруванням: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.02.08 / Нац. ун-т "Львів. політехніка". — Л., 2010. — 20 с. : а-рис. 7. *Киришин Д.Е.* Повышение производительности торцевого фрезерования титановых сплавов за счет применения высокоскоростного резания: диссертация... кандидата технических наук: 05.03.01, 05.02.08 Саратов, 2007 - 204 с. 8. *Новіков М.В., Шепелєв В.О., Клименко С.А., Лаврінченко В.І.* Технології механообробки інструментами з надтвердих матеріалів і твердих сплавів у ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України // Процеси механічної обробки в машинобудуванні . – 2005 . – Вип. 2 – с. 91 – 101. 9. *Внуков Ю.М., Папашев К.О.* Оцінка ефективності використання високошвидкісної обробки під час виготовлення формуютьючих поверхонь прес-форм для виробів типу "решітка"//Вісник Житомирського державного технологічного університету,2003.-2.-№2 (26) .-С. 37.

Поступила в редколлегию 22.05.2010